

国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

# 电力系统继电保护 技术及应用

主 编 龙艳红  
主 审 张宏亮



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)



国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

# 电力系统继电保护 技术及应用

主 编 龙艳红

主 审 张宏亮



中国水利水电出版社

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本教材以项目导向,任务驱动,教、学、做一体的教学模式为设计思路,共分为七个项目:项目一为电网电流保护的配置与调试,项目二为电网距离保护的配置与调试,项目三为 220kV 及以上线路保护的配置与调试,项目四为变压器保护的配置与调试,项目五为发电机保护的配置与调试,项目六为母线保护的配置,项目七为其他元件保护的配置。本教材全面介绍了输电线路、变压器、发电机、母线等设备保护的配置原则、原理及微机保护装置的调试方法。

本教材可作为高职高专电力技术类相关专业的教材,也可供相关工作者参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

电力系统继电保护技术及应用 / 龙艳红主编. -- 北京:中国水利水电出版社, 2014.9  
国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材  
ISBN 978-7-5170-2744-7

I. ①电… II. ①龙… III. ①电力系统—继电保护—  
高等职业教育—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第303573号

书 名	国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材 <b>电力系统继电保护技术及应用</b>
作 者	主编 龙艳红 主审 张宏亮
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 10.25印张 243千字
版 次	2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	<b>24.00元</b>

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

## 编 委 会

主 任 刘延明

副主任 黄伟军 黄 波 皮至明 汪卫星

委 员 张忠海 吴汉生 凌卫宁 陆克芬

邓海鹰 梁建和 宁爱民 黄晓东

陈炳森 方 崇 陈光会 方渝黔

况照祥 叶继新 许 昕 欧少冠

梁喜红 刘振权 陈治坤 包才华

秘 书 饶亚娟

# 前言

高等职业教育具有高等教育和职业教育双重属性，以培养生产、建设、服务、管理第一线的技术技能型人才为主要任务。专业课程内容力求实现与职业标准对接，教学过程与生产过程对接；引入企业新技术、新工艺，推行项目教学、案例教学、工作过程导向的教学模式。为了适应我国高等职业教育改革的迅速发展，满足当前职业教育及电力生产实际需要，特编写本书。本书按三年制高职高专电力技术专业对电力系统继电保护所需的专业知识和技能进行编写，重点体现职业性、技术性、实用性。通过多次到企业走访、座谈，广泛征询行业专家的意见，对电力技术专业涵盖的职业岗位群的工作过程进行分析，确定“电力系统继电保护技术及应用”课程对应的工作岗位，对就业岗位做出正确分析，结合社会与企业的具体情况分析各职业岗位的技能构成，确定课程的教学目标，围绕课程的教学目标设计课程的项目，通过增删、整合教学内容，使课程的教学内容以项目贯穿，并设计过程化考核方法，掌握学生对知识和技能的掌握程度。

“电力系统继电保护技术及应用”是一门理论性、实践性很强的专业核心课程，本教材在编写时去除了常规继电保护中已淘汰的内容，以专业应用为目的，以工作任务为导向，使教材的内容更贴近实际现场。

本教材总结了广西水利电力职业技术学院及其他相关院校的教学经验，项目一由龙艳红编写，项目二由徐庆锋编写，项目三由李波编写，项目四由罗昕编写，项目五、项目六由廖旭升编写，项目七由黄丽娟编写。

本教材由广西方元电力股份有限公司来宾电厂张宏亮高级工程师任主审，黔西南职业技术学院王玲副教授提出了许多宝贵意见，在此致以诚挚的感谢！

编者

2014年6月

# 目 录

## 前言

项目一 电网电流保护的配置与调试	1
任务一 常用电磁型继电器的调试	1
任务二 无时限电流速断保护的装接与调试	3
任务三 限时电流速断保护的装接与调试	7
任务四 输电线路后备保护的配置	9
任务五 阶段式电流保护的整定与调试	12
任务六 输电线路微机电流保护的调试	14
任务七 双侧电源电网电流保护的配置	14
任务八 方向电流保护的调试	17
任务九 方向电流保护的整定计算	20
任务十 中性点直接接地电网接地保护的配置	20
任务十一 零序电流微机保护的调试	25
任务十二 中性点非直接接地电网接地保护的配置	26
项目二 电网距离保护的配置与调试	29
任务一 电流保护与距离保护的比较	29
任务二 距离Ⅰ段保护的配置与调试	31
任务三 距离Ⅱ段保护的配置与调试	32
任务四 距离Ⅲ段保护的配置与调试	32
任务五 阶段式距离保护的配置与整定	37
任务六 110kV线路微机保护的配置与调试	39
项目三 220kV及以上线路保护的配置与调试	47
任务一 纵联电流差动保护的调试	47
任务二 纵联距离保护的调试	55
项目四 变压器保护的配置与调试	67
任务一 变压器主保护的配置	67
任务二 消除变压器差动保护回路中的不平衡电流	70
任务三 变压器比率制动特性差动保护的配置	75
任务四 变压器微机型差动保护的调试	79
任务五 瓦斯保护的配置	86

任务六	变压器相间短路后备保护的配置 .....	89
任务七	微机型变压器复合电压闭锁(方向)过流保护的调试 .....	94
任务八	变压器接地故障后备保护的配置 .....	100
任务九	微机型变压器零序方向过流保护的调试 .....	104
任务十	变压器保护的配置 .....	111
<b>项目五</b>	<b>发电机保护的配置与调试 .....</b>	<b>116</b>
任务一	发电机保护的配置 .....	116
任务二	发电机定子相间短路保护的整定与调试 .....	118
任务三	发电机定子匝间短路保护的整定 .....	122
任务四	发电机定子绕组单相接地保护 .....	126
任务五	发电机励磁回路接地保护 .....	130
小结	.....	134
复习思考题	.....	134
<b>项目六</b>	<b>母线保护的配置 .....</b>	<b>135</b>
任务一	母线保护的配置 .....	135
任务二	断路器失灵保护 .....	141
小结	.....	143
复习思考题	.....	143
<b>项目七</b>	<b>其他元件保护的配置 .....</b>	<b>145</b>
任务一	并联电容器保护的配置 .....	145
任务二	并联电抗器保护的配置 .....	148
附件一	数字式线路保护测控装置检验报告 .....	150
附件二	调试报告样式 .....	151
参考文献	.....	155

# 项目一 电网电流保护的配置与调试

## 引言：

图 1-1 为 35kV 系统接线图，在 AB 线路的末端 B 点发生相间短路时，系统会出现什么现象？如何判断系统出现故障？采取什么措施可以切除短路电流？

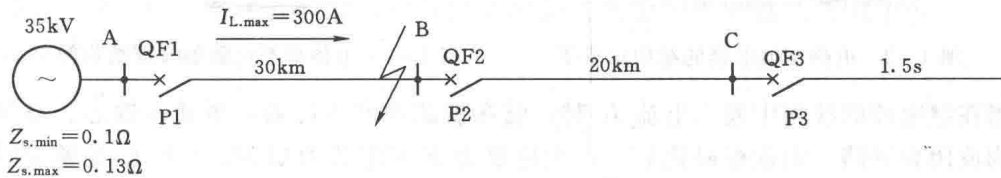


图 1-1 35kV 系统接线图

## 任务一 常用电磁型继电器的调试

### 任务提出：

- (1) 识别电流继电器各组成部分及定值设定。
- (2) 电流继电器动作参数的测试。
- (3) 电流继电器动作值的调整。
- (4) 正确填写继电器的检验和调试报告。

### 任务实施：

- (1) 学生以组为单位自主学习电流继电器，观察继电器的结构，用万用表测试继电器的线圈、触点，画出继电器的内部结构。
- (2) 小组回答电流继电器各组成部分及其作用。
- (3) 老师利用多媒体、实物等教学手段简单小结。
- (4) 按要求设定电流继电器动作电流。
- (5) 测试电流继电器动作电流及返回电流。
- (6) 测试电压继电器动作电压与返回电压。

### 知识链接：

#### 一、电磁型电流继电器的工作原理

输电线路发生相间短路时，电流会突然增大，故障相间的电压会降低。利用电流这一特征可以构成电流保护。电流保护装置的中心环节是电流继电器，它的基本组成部件为电磁铁、可动衔铁、线圈、触点、反作用弹簧和止挡。（同学们找找看，它们在哪？）





现以吸引衔铁式电磁型继电器为例分析其动作原理，如图 1-2 和图 1-3 所示。

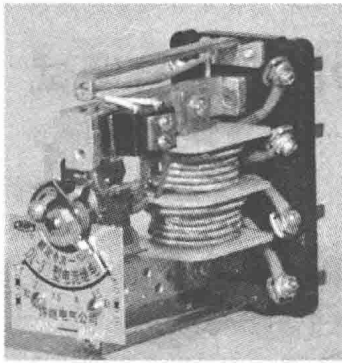


图 1-2 电磁型继电器的结构示意图

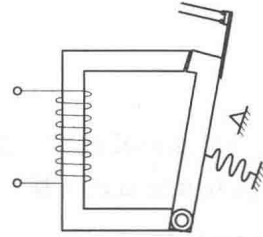


图 1-3 电磁型继电器的原理结构图

当在继电器的线圈中通入电流  $I_k$  时，就在铁芯中产生磁通，磁通在铁芯、空气隙和衔铁构成闭合磁路。衔铁被磁化后，产生电磁力  $F$  和电磁力矩  $M_{dc}$ ，当  $I_k$  足够大时，电磁力矩足以克服弹簧的反作用力矩，衔铁被吸向电磁铁，动合触点闭合，继电器动作。

电磁力矩与通入电流的关系式为

$$M_{dc} = K_1 \Phi^2 = K_2 \frac{I_k^2}{\delta^2} \quad (1-1)$$

式中  $K_1$ 、 $K_2$ ——比例常数；

$\delta$ ——电磁铁与可动铁芯之间的气隙。

由式 (1-1) 可知，电磁力矩  $M_{dc}$  与电流的平方成正比，而与加入线圈中的电流方向无关，所以采用电磁原理不仅可构成直流继电器，也可构成交流继电器。

正常工作情况下，线圈中流入负荷电流，继电器不动作，这是由于弹簧对应于空气隙  $\delta_1$  产生一个初始力矩  $M_{th,1}$ ，弹簧的张力与伸长量成正比，当空气隙由  $\delta_1$  减小到  $\delta_2$  时，弹簧产生的反作用力矩为

$$M_{th} = M_{th,1} + K_3(\delta_1 - \delta_2) \quad (1-2)$$

式中  $K_3$ ——比例常数。

另外，在可动舌片转动的过程中，还必须克服摩擦力矩  $M_m$ 。

## 二、电磁型电流继电器的动作条件

为使继电器动作，必须增大电流  $I_k$ ，通过增大电流  $I_k$  来增大电磁转矩，使其满足

$$M_{th} \geq M_{dc} + M_m$$

当通入继电器的电流  $I_k$  达到某一数值  $I_{act}$  时，产生的电磁力矩刚好等于弹簧反作用力矩与摩擦力矩之和，是继电器动作的边界，当  $I_k > I_{act}$ ，继电器更可靠动作。即使继电器动作的电流有无数个，把能使继电器动作的最小电流，称为继电器的动作电流  $I_{act}$ 。此时的电磁力矩为

$$M_{dc} = K_2 \frac{I_{act,k}^2}{\delta^2} \quad (1-3)$$

调整继电器动作电流的方法有：



(1) 改变弹簧的松紧程度, 即  $M_{th}$  的大小; 旋转调整把手, 将弹簧旋紧时动作电流提高, 反之则降低。

(2) 改变继电器线圈的连接方式。用连接片将两个线圈串联或并联。当调整把手位置一定时, 线圈串联时的动作电流是并联时的一半。

### 三、电磁型电流继电器的返回条件

继电器动作后, 当  $I_k$  减小时, 继电器在弹簧的作用下将返回。为使继电器返回, 弹簧的作用力矩  $M_{th}$  必须大于等于电磁力矩  $M_{dc}$  及摩擦力矩之和, 即

$$M_{th} \geq M_{dc} + M_m \text{ 或 } M_{dc} \leq M_{th} - M_m$$

满足上述条件, 使继电器返回原位的电流最大值称为继电器的返回电流, 记为  $I_{re}$ , 对应此时的电磁转矩为

$$M_h = K_2 \frac{I_{re.k}^2}{\delta^2} \quad (1-4)$$

### 四、电磁型电流继电器的返回系数


返回电流和启动电流的比值称为继电器的返回系数, 可表示为

$$K_{re} = \frac{I_{re.k}}{I_{act.k}}$$

由于剩余力矩  $M_{sh}$  和摩擦力矩  $M_m$  存在, 返回系数恒小于 1 (一切过量动作的继电器都如此)。在实际应用中, 要求有较高的返回系数, 如 0.85~0.9。返回系数越大, 则保护装置的灵敏度越高, 但过大的返回系数会使继电器触点闭合不够可靠。

### 五、动作电流的调整方法

- (1) 改善继电器线圈的匝数。
- (2) 改变弹簧的张力。
- (3) 改变初始空气隙的长度。

 想一想: 如何构成电流保护装置?

思考题:

- (1) 电流继电器的线圈通入什么电流? 在现场应接到哪个设备?
- (2) 做继电器测试试验时, 为什么要逐渐增加电流? 然后又逐渐减小电流?
- (3) 电流继电器整定值为 3.5A, 但实验时电流加到 3.1A 时继电器就动作了, 请问继电器的动作电流是多少? 上述现象说明什么? 怎样解决?

## 任务二 无时限电流速断保护的装接与调试

任务提出:

- (1) 依据图 1-1, 在 AB 线路的末端 B 点发生相间短路时, 设计 A 点保护。



- (2) 根据设计的保护方案和继电器的结构画出单相保护原理图、展开图及安装图。
- (3) 按图接线。
- (4) 用继电保护测试仪测试保护装置。

#### 任务实施:

- (1) 分组讨论、分析、查阅资料,初步设计继电保护方案。
- (2) 各组代表讲解设计方案,学生进行讨论、评议;教师根据各组的设计和讨论情况进行总结,指出各组的优点和不足;最后拿出一个(或进行修改)合理的设计方案,并解释该方案的合理性。
- (3) 画出单相保护原理图、展开图。
- (4) 各组按修改过的安装图选择相应的继电器,按图安装接线。
- (5) 进行绝缘电阻检查、调整电流继电器整定把手。
- (6) 编写调试方案,利用保护测试仪根据调试方案对保护装置进行调试。
- (7) 学生编写调试报告。教师验收和点评。

#### 知识链接:

### 一、电力系统继电保护的作用

电力系统在运行中可能发生各种故障和不正常运行状态,最常见也最危险的故障是各种类型的短路。发生短路时可能产生以下后果:

- (1) 通过故障点的短路电流和燃起的电弧使故障设备或线路损坏。
- (2) 短路电流通过非故障设备时,由于发热和电动力的作用,引起电气设备损伤或损坏,导致使用寿命大大缩减。
- (3) 电力系统中部分地区的电压大大降低,破坏用户工作的稳定性或影响产品质量。
- (4) 破坏电力系统并列运行的稳定性,引起系统振荡,甚至导致整个系统瓦解。

电力系统中最常见的不正常运行情况是过负荷。此外,系统中出现功率缺额引起频率降低以及发电机突然甩负荷而产生的过电压等,都属于不正常运行状态。

电力系统中发生故障和出现不正常运行情况可能引起系统全部或部分正常运行遭到破坏,电能质量变差,造成对用户停止供电或少供电,甚至造成人身伤亡和设备损坏,这种情况就称发生了“事故”。为了避免或减少事故的发生,提高电力系统运行的可靠性,必须改进设备的设计制造,保证设计安装和检修质量,提高运行管理水平,采取预防事故措施,尽可能消除发生事故的可能性。电气设备或输电线路一旦发生故障,就必须采取措施,尽快将故障设备或线路从系统中切除,保证非故障部分继续安全运行,避免事故的发生,或缩小事故的范围和影响。

继电保护装置是指能反应电力系统中电气元件发生故障或不正常的运行状态,并动作于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。

继电保护装置的基本任务是:

- (1) 自动地、迅速地和有选择地将故障元件从电力系统中切除,使故障元件免于继续遭到破坏,保证其他无故障部分迅速恢复正常运行。



(2) 反应电气元件的不正常运行状态,并根据运行维护的条件(如有无经常值班人员)而发出信号,以便值班员及时处理,或由装置自动进行调整,将继续运行会引起损坏或发展成为事故的电气设备切除。

为了完成上述第一个任务,继电保护装置必须能正确区分被保护元件是处于正常运行状态还是发生了故障,是保护区内故障还是区外故障的功能,这需要以电力系统发生故障前后电气物理量的变化特征为基础来完成。

## 二、继电保护装置的基本要求

### 1. 选择性

选择性是指当电力系统中的设备或线路发生短路时,其继电保护仅将故障的设备或线路从电力系统中切除,当故障设备或线路的保护或断路器拒绝动作时,应由相邻设备或线路的保护将故障切除。

### 2. 速动性

速动性是指继电保护装置应能尽快地切除故障。对于反应短路故障的继电保护,要求快速动作的主要理由和必要性在于:

(1) 快速切除故障可以提高电力系统并列运行的稳定性。

(2) 快速切除故障可以减少发电厂厂用电及用户电压降低的时间,加速恢复正常运行过程,保证厂用电及用户工作的稳定性。

(3) 快速切除故障可以减轻电气设备和线路的损坏程度。

(4) 快速切除故障可以防止故障扩大,提高自动重合闸和备用电源或设备自动投入的成功率。

并不是在任何情况下都要求保护切除故障达到最小时间,这个时间必须根据技术条件而定。对于反应不正常运行情况的继电保护装置,一般不要求快速动作,而应按照选择性的条件,带延时地发出信号。

### 3. 灵敏性

灵敏性是指电气设备或线路在被保护范围内发生短路故障或不正常运行情况时保护装置的反应能力。

系统最大运行方式,就是在被保护线路末端短路时,系统等效阻抗最小,通过保护装置的短路电流最大的运行方式;系统最小运行方式,就是在同样的短路故障情况下,系统等效阻抗最大,通过保护装置的短路电流最小的运行方式。

保护装置的灵敏性用灵敏系数来衡量。灵敏系数表示式为:

(1) 对于反应故障参数量增加(如过电流)的保护装置

$$\text{灵敏系数} = \frac{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{保护装置动作参数的整定值}}$$

(2) 对于反应故障参数量降低(如低电压)的保护装置

$$\text{灵敏系数} = \frac{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{保护装置动作参数的整定值}}$$

故障参数如电流、电压和阻抗等的计算,应根据实际可能的最不利的运行方式和故障



类型来进行。

#### 4. 可靠性

可靠性是指在保护范围内发生了故障该保护应动作时，不应由于它本身的缺陷而拒动作；而在不属于它动作的任何情况下，则应可靠地不动作。

以上四个基本要求是设计、配置和维护继电器保护的依据，又是分析评价继电保护的基础。这四个基本要求之间相互联系，但往往又存在矛盾。因此，在实际工作中，要根据电网的结构和用户的性质辩证地进行统一。

### 三、无时限电流速断保护原理接线图

根据对保护速动性的要求，在满足可靠性和保护选择性的前提下，保护装置的动作时间原则上总是越快越好。因此，各种电气元件应力求装设快速动作的继电保护。仅反应电流增大而能瞬时动作切除故障的保护，称为电流速断保护，也称为无时限电流速断保护。

#### 1. 单相原理接线图

无时限电流速断保护的单相原理接线图如图 1-4 所示。电流继电器接在电流互感器 TA 的二次侧，它动作后启动中间继电器，中间继电器触点闭合，经信号继电器，断路器辅助常开触点接通断路器跳闸线圈。

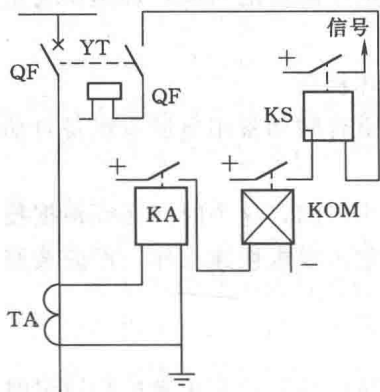


图 1-4 无时限电流速断保护的单相原理接线图

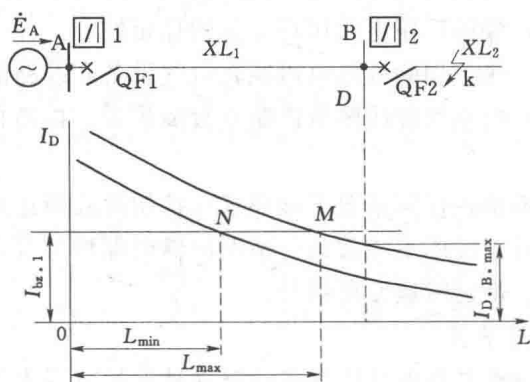


图 1-5 无时限电流速断保护的整定

#### 2. 展开图

展开图结构简单，便于理解，为复杂回路的设计、安装和调试带来很多方便。

### 四、无时限电流速断保护的整定

无时限电流速断保护（又称 I 段保护）反映电流升高而不带时限动作，即电流高于动作值时继电器立即动作，跳开线路断路器。这种动作电流的计算过程称为整定计算。

动作电流的整定必须保证继电保护动作的选择性，如图 1-5 所示，k 点故障对保护 1 是外部故障，应当由保护 2 动作跳开 QF2，而 k 点故障时短路电流也会流过保护 1，需要保证此时保护 1 不动作，则要求保护 1 的动作电流应按大于外部故障时的短路电流。



$$I_{\text{act}} > I_{K.B.\text{max}}$$

$$I_{\text{act.1}}^I = K_{\text{rel}}^I I_{K.B.\text{max}}^{(3)}$$

对保护 1

$$K_{\text{rel}}^I = 1.2 \sim 1.3 \quad \text{可靠系数}$$

(1-5)

### 五、无时限电流速断保护的特点

优点是简单可靠，动作迅速。

缺点是：

- (1) 不能保护线路全长。
- (2) 保护受运行方式、故障类型的影响。运行方式变化较大时，可能无保护范围。在最大运行方式整定后，在最小运行方式下无保护范围。
- (3) 在线路较短时，可能无保护范围。



想一想：无时限电流速断保护不能保护线路全长，怎么办？

思考题：

- (1) 无时限电流速断保护装置在施加足够的交流电流后保护动作，其实际意义是什么？
- (2) 通常说继电保护动作跳闸，指什么元件跳闸？为什么要跳闸？

## 任务三 限时电流速断保护的装接与调试

任务提出：

图 1-1 中 A 变电站和 B 变电站均装有无时限电流速断保护，分析在 B 站出口处 K 点发生三相短路时哪些保护会动作，会出现什么问题，并提出解决方案。

任务实施：

- (1) 分组查阅资料、分析、讨论，拿出分析报告和设计方案。
- (2) 各组代表讲解设计方案，其他小组进行提问和讨论。
- (3) 老师根据各组的设计和讨论情况进行总结，指出各组的优点和不足；最后老师根据学生的设计方案拿出一个（或进行修改）合理的设计方案，并解释该方案的合理性。
- (4) 画出保护单相原理图、展开图、安装图。
- (5) 分组按图安装接线。
- (6) 调整电流继电器整定把手，利用保护测试仪对保护装置进行调试。
- (7) 填写调试报告，教师验收和点评。

知识链接：

### 一、限时电流速断保护的要求

由于电流速断保护不能保护本线路的全长，增设限时电流速断保护的主要目的是切除本线路电流速断保护范围以外的故障，作为无时限速断保护的后备保护，对它的要求是在任何情况下都能保护线路全长并具有足够的灵敏性，在满足这个要求下具有较小的动作

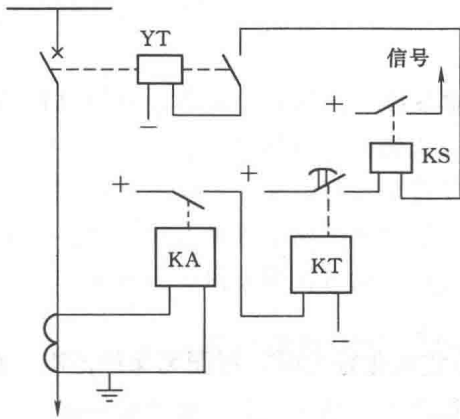


图 1-6 限时电流速断保护的单相原理接线图

时限。

## 二、限时电流速断保护原理接线图

限时电流速断保护单相原理接线图如图 1-6 所示，它和电流速断保护的主要区别是用时间继电器代替了中间继电器。

## 三、限时电流速断保护的整定

### 1. 工作原理

(1) 为了保护本线路全长，限时电流速断保护的保护区必须延伸到下一条线路，这样当下一条线路出口短路时，它就能切除故障。

(2) 为了保证选择性，必须使限时电流速断保护的带有一定的时限。

(3) 为了保证速动性，时限尽量缩短。时限的大小与延伸的范围有关，为使时限较小，应使限时电流速断保护的保护区不超出下一条线路无时限电流速断保护的保护区。因而动作时限  $t''$  比下一条线路的速断保护时限  $t'$  高出一个时间阶段  $\Delta t$ ，即限时电流速断保护在时间上躲过无时限电流速断保护的带动作，这样当下一条线路出口处短路时它就能切除故障。

### 2. 整定计算

(1) 动作电流。动作电流  $I_{\text{act},1}''$  按躲开下一条线路无时限电流速断保护的电流进行整定

$$I_{\text{act},1}'' = K_{\text{rel}}'' I_{\text{act},\text{下-线}}^I \quad (1-6)$$

式中  $I_{\text{act},\text{下-线}}^I$  ——下一条线路无时限电流速断保护的带动作电流；

$K_{\text{rel}}''$  ——可靠系数，一般取 1.1~1.2；

$I_{\text{act},1}''$  ——本线路限时电流速断保护的带动作电流。

(2) 动作时限。为了保证选择性，限时速断电流保护比下一条线路无时限电流速断保护的带动作时限高出一个时间阶段  $\Delta t$ ，即

$$t_1'' = t_2^I + \Delta t \quad (1-7)$$

式中  $t_1''$  ——线路 L-1 是电流速断保护的带动作时限；

$t_2^I$  ——线路 L-2 是无时限电流速断保护的带动作时限，一般人为延时为 0；

$\Delta t$  ——时限级差， $\Delta t$  的大小保证在重叠保护区内发生故障时保护动作的选择性，通常取为 0.5s。

当线路上装设电流速断保护和限时电流速断保护后，它们联合工作就可以在 0.5s 内切除全线路范围的故障，且能满足速动性的要求，具有这种作用的保护称为该线路的主保护。即无时限电流速断保护和限时电流速断保护构成线路的主保护。

(3) 灵敏度校验。保护装置的灵敏度（灵敏性），即只在它的保护区内发生故障以及不正常运行状态时保护装置的带反应能力。灵敏度的高低用灵敏系数来衡量。灵敏系数定义为



$$K_{\text{sen}} = \frac{\text{保护范围末端金属性短路故障参数最小值}}{\text{保护装置动作参数整定值}}$$

限时电流速断保护灵敏度为

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{\text{k.min}}^{(2)}}{I_{\text{act.1}}^{\text{II}}} \geq 1.3 \sim 1.5 \quad (1-8)$$

式中  $I_{\text{k.min}}^{(2)}$  ——被保护线路末端两相短路时流过限时电流速断保护的最小短路电流；

$I_{\text{act.1}}^{\text{II}}$  ——限时电流速断保护的整定电流。


当  $K_{\text{sen}} < 1.3 \sim 1.5$  时，保护在故障时可能不动，就不能保护线路全长，此时应采取以下措施：

(1) 为了满足灵敏性，就要降低该保护的启动电流，进一步延伸限时电流速断保护的保护区，使之与下一条线路的限时电流速断相配合（但不超过下一条线路限时电流速断保护的保护区）。

(2) 为了满足保护选择性，动作限时应比下一条线路的限时电流速断保护的时限高一个  $\Delta t$ ，即

$$t_{\text{act}}^{\text{II}} = t_{\text{act}}^{\text{II}} - \text{线} + \Delta t \quad (1-9)$$

可见，保护区的伸长（灵敏度的提高）会导致动作时限的升高。

 **想一想：**无时限电流速断保护及限时电流速断保护各自的保护区是什么？它们是如何配合工作的？一条输电线路仅配置这两种保护可以吗？

## 任务四 输电线路后备保护的配置

### 任务提出：

图 1-1 中，在 A 变电站装设有无时限电流速断保护及限时电流速断保护，分析不同地点发生相间短路时保护的动情况；在下一线路末端处 C 点发生三相短路时哪些保护会动作？若保护拒动会出现什么问题？提出解决方案。

### 任务实施：

- (1) 分组查阅资料、分析、讨论，拿出分析报告和设计方案。
- (2) 各组代表讲解设计方案，其他小组进行提问和讨论。
- (3) 老师根据各组的设计和讨论情况进行总结，指出各组的优点和不足，最后根据学生的设计方案拿出一个（或进行修改）合理的设计方案，并解释该方案的合理性。
- (4) 画出保护单相原理图。
- (5) 分析保护动作原理，说出后备保护与主保护的不同。

### 知识链接：

#### 一、主保护与后备保护

继电保护按作用不同又分为主保护、后备保护和辅助保护。





主保护是指被保护元件内部发生各种短路故障时，能满足系统稳定及设备安全要求的、有选择地切除被保护设备或线路故障的保护。

按照主保护的定义，仅依靠电流Ⅰ段保护不能构成线路主保护，因为电流Ⅰ段保护不能切除线路上所有的故障。只有电流Ⅰ段保护和电流Ⅱ段保护共同配合，才能构成线路的主保护，即满足系统稳定和设备安全要求，能以最快速度、有选择地切除被保护设备和线路故障。

除了主保护，线路上还应配有后备保护。后备保护是指主保护或断路器拒动时，用于切除故障的保护。一旦主保护设备或断路器发生故障拒动，依赖后备保护切除故障。电流Ⅱ段保护既属于主保护，同时又属于后备保护；后备保护分为远后备、近后备两种方式：①近后备是当主保护拒动时，由本电力设备线路的另一套保护实现的后备保护；②远后备是当主保护或断路器拒动时，由相邻电力设备或线路的保护来实现的后备保护。

Ⅰ段保护不能保护本线路全长，无后备保护作用；Ⅱ段保护具有对本线路Ⅰ段保护的近后备作用以及对相邻线路保护部分的远后备作用。定时限过电流保护的配置说明如图1-7所示。当k2处发生故障时，如果相应的断路器QF2或保护2的Ⅱ段保护拒动，在不装设Ⅲ段保护的情况下，故障将不能被切除，这是不允许的。因此，必须设立Ⅲ段保护提供完整的近后备及远后备作用，显然Ⅲ段应能保护本线路及相邻下一线路全长。

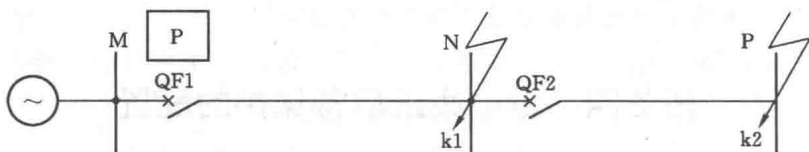


图1-7 定时限过电流保护的配置说明

## 二、定时限过电流保护

### 1. 工作原理

过电流保护通常是指动作电流按躲过最大负荷电流整定，时限按阶梯性原则整定的一种电流保护。在系统正常运行时不启动，而在电网发生故障时能反应电流的增大并动作，不仅能保护本线路的全长，而且能保护下一条线路的全长。作为本线路主保护拒动的近后

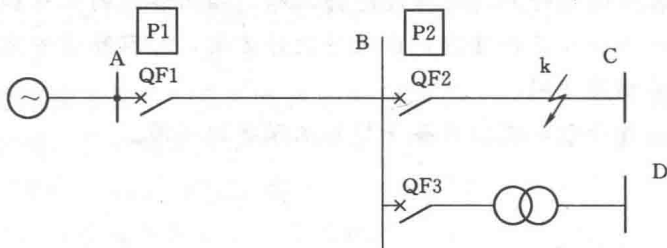


图1-8 定时限过电流保护的自启动情况